

II - 146

渦流立坑内流れのエネルギー損失特性

建設省土木研究所 正会員 木内 豪
建設省土木研究所 正会員 栗城 稔
建設省土木研究所 正会員 田中義人

1. はじめに

渦流立坑は自由落下時の効果的な減勢工として発電用ダムの余水吐や下水道の雨水対策施設に用いられている立坑の形式で、大深度地下河川や地下調節池の減勢工としても注目されている。圧力式地下河川の水利設計では圧力流れ時の施設全体としての損失特性の把握が重要な点となるため、水利実験に基づき渦流立坑の損失特性について明らかにし、従来型と複断面型の渦流立坑の比較を行ったので報告する。

2. 実験施設

実験施設の外観を図1に示す。施設はアクリル製の模型本体、整流水槽などから成り、本体は導水部（漸縮部）、立坑部、減

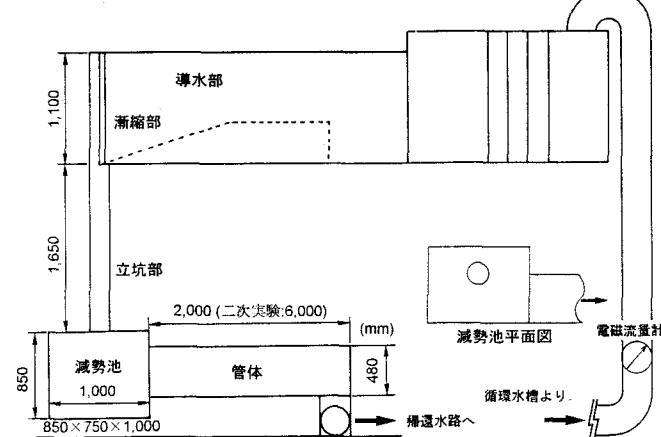


図1 実験施設の全体図

勢池、管体により構成されている。実験では図2に示す3種類の立坑流入部を対象として表1の漸縮部形状と立坑径、流量を設定して定常状態で模型各部でのピエゾ計水頭等の計測を行った。

3. 実験結果

漸縮部－管体間のエネルギー損失の総量を算定した。図3は漸縮部上端から管体最下流までの区間での損失水頭の計測結果の一部を形状ケース別に表

したもので、流量が同一でも導水部水位が異なると損失量にも違いが生じる。

従来型渦流立坑の場合、減勢池を含む模型全体の損失水頭は式1で定義した漸縮部下端での速度水頭 E_v とほぼ比例する¹⁾。損失量の結果が減勢池での損失を含んでいるにもかかわらず式1の比例関係となったことから、減勢池での損失も同様な比例関係にあることが予想される。そこで、全体の損失量を流入部、立坑内、減勢池での損失に分離することを試みた。渦流がある場合、立坑部の横断面流速分布はランキ

表1 実験条件一覧

ケース	Q(ℓ /s)	D(mm)	B(mm)	L(mm)	z(mm)	c(mm)
A1	9.9, 28.0, 55.9	205	440	615	410	41
A2						51
A3						72
B1				820		41
B2						51
B3						72
C1				1230		41
C2						51
C3						72
D		615	51			
P1	55.9	410	776	543	185	
P2					185	
P3			789	552	130	
P4					130	
P5			818	472	80	
K1	28.0,	410	440	804	464	-
K2	55.9					100
K3	100					
N1	7.0,	205	110	293	164	-
N2	14.0					40
N3						40

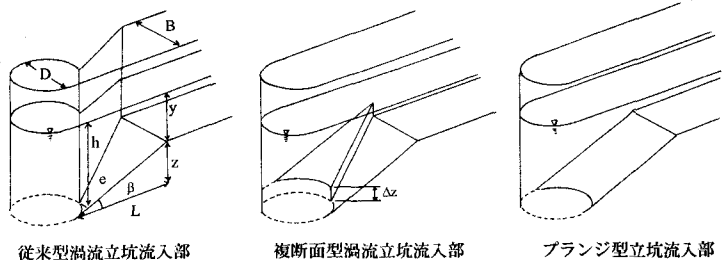


図2 実験の対象とした立坑形状

$$E_v = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{ch \cos \beta} \right)^2 \quad (1)$$

ン渦によるものと類似しているため、同一断面内における圧力分布は必ずしも一定の値ではなく、立坑部側壁で計測したピエゾ計水頭値を直接用いて分離することは大きな誤差を伴う。そこで、Loveの方法²⁾³⁾に従い立坑部の漸縮部下端位置から立坑部下端（減勢池上流）までの間の損失量を推定した。模型全体の損失量と推定値の関係をケースP1, P3, K2についてみると（図4）立坑部での損失量は全体の約1割で、残りは漸縮部下端までの損失と減勢池での損失であることがわかる。

複断面型及びプランジ型の場合は、従来型と異なり、導水部下端の流速が比較的小さいため、流量や導水部水位等が同等でも従来型の損失量の1/5程度となる。また、複断面型立坑の損失水頭を、流入部において主流の流向が90度変化することに起因する損失と減勢池における損失に分離したところ以下のようになった（摩擦損失は非常に小さいので無視した）。表1の形状ケースK1とN1における立坑部の平均速度水頭と減勢池での損失水頭の計測値の関係は式2に示す結果となった。ここに、 ΔE_{ch} ：減勢池での損失水頭（m）、 v_d ：立坑内速度（m/s）である。一方、導水部上端から立坑部下端までの損失量と導水部上端速度水頭の関係の求めたところ図5のようになった。立坑径が異なるケースがほぼ同様な関係を示しており、式3が成立するものと考えられる。ここに、 ΔE_{inlet} ：流入損失、 k_{in} ：損失係数で、回帰的に求めた値は1.33となる。以上により、減勢池を有する複断面型立坑（あるいはプランジ型立坑）の損失量は式2, 3から求められる値の和となる。

$$\Delta E_{ch} = k'_{ch} \frac{v_d^2}{2g}, \quad k'_{ch} = \begin{cases} 1.62 & (D=0.410\text{m}) \\ 1.12 & (D=0.205\text{m}) \end{cases} \quad \cdots(2)$$

$$\Delta E_{inlet} = k_{in} \frac{v_m^2}{2g}, \quad v_m = Q/By \quad \cdots(3)$$

4. おわりに

従来型の渦流立坑における損失量は渦流の程度に大きく影響される。したがって、自由落下時には立坑部壁面に添った螺旋流を形成し、かつ、圧力流れ時には渦流をほとんど生じない複断面型立坑が水理的に有効な立坑として機能することがわかった。

参考文献) 1) 栗城、木内、田中：首都圏外郭放水路の流入立坑に関する水理模型実験，土木研究所資料第3243号，1994、2) 木内、栗城、池田、田中：接線式渦流立坑の水理模型実験，土木学会第48回年講（Ⅱ），pp. 652-653, H5. 9. , 3) Jain, S.C., C. Taahoon and P. Inbo, Hydraulic Design and Model Study of a Conveyance System for the Flood Diversion Plan, IIHR Limited Distribution Report No.212, 1993.

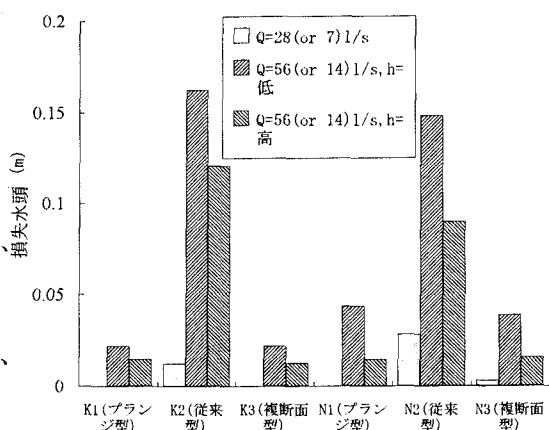


図3 形状ケース別の損失水頭 (K1-K3, N1-N3)

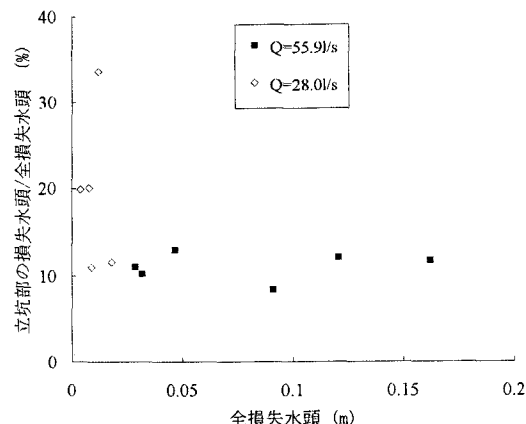


図4 立坑内の損失水頭（計算値）と全損失水頭（計測値）の関係（ケースP1, P3, K2）

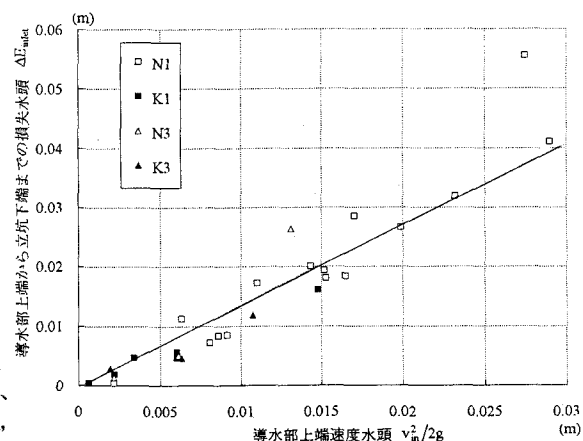


図5 導水部上端の速度水頭と立坑部下端までの損失水頭の関係